



LLU SIA Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrs
APP Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”

Projekta

**„Insekticīda Magtoksīns efektivitātes pārbaude
zem apaļo kokmateriālu mizas esošu kaitēkļu
ierobežošanā”**

gala atskaite

SIA LAAPC valdes locekle: Regīna Rancāne

Projekta vadītāja: Laura Ozoliņa-Pole



Rīga, 2015

Projekta izpildītāji:

LLU SIA Latvijas Augu aizsardzības pētniecības centrs:

Laura Ozoliņa-Pole, Mg. biol., pētniece (projekta vadītāja)

Baiba Ralle, Mg. biol., pētniece

Rinalds Ciematnieks, Mg. biol., zinātniskais asistents

APP Latvijas Valsts mežzinātnes institūts „Silava”:

Agnis Šmits, Dr. biol., vadošais pētnieks

Zane Striķe, Mg. biol., zinātniskais asistents

Ingars Siliņš, Mg. biol., zinātniskais asistents

Mārtiņš Zeps, Mg. silv., zinātniskais asistents

Saturs

Kopsavilkums	4
Ievads	5
Literatūras apskats	6
1. Materiāls un metodika.....	9
1.1. Pētījuma kalendārais plāns.....	9
1.2. Paraugkoku sagatavošana un mizgraužu piesaistīšana	10
1.3. Kokmateriālu izvietošana konteineros un fumigācija.....	12
1.4. Posmkāju uzskaites	15
1.5. Darba drošības noteikumi	16
1.6. Datu matemātiskā apstrāde.....	17
2. Rezultāti	19
2.1. Magtoksīna tb. iedarbības efektivitātes novērtējums.....	19
2.2. Pētījuma rezultātu izvērtējums un priekšlikumi	27
Secinājumi.....	28
Pateicības	29
Izmantotā literatūra	30

Kopsavilkums

Mūsdienās Latvijā notiek intensīvs apaļkoku eksports uz daudzām pasaules valstīm. Kvalitatīvu eksporta kokmateriālu nodrošināšanai nozīmīga ir efektīva dažādu kaitēkļu apkarošana. Kokmateriālus uzglabājot un pārvadājot konteineros, pastāv risks, ka tos bojā dažādi mizas un koksnes kaitēkļi - mizgrauži, lūksngrauži un koksngrauži. Šo kaitēkļu ierobežošanai tiek izmantotas vairākas metodes, no kurām visbiežāk izmantotā ir insekticīdu fumigācija. Pārtikas produktu noliktavās viens no pasaulē plašāk izmantotajiem un efektīviem preparātiem ir Magtoksīns tb. ar aktīvo vielu magnija fosfīdu. Savukārt, par šī insekticīda iedarbību uz koksnes kaitēkļiem ir salīdzinoši maz informācijas.

Šajā pētījumā plastmasas konteineros izvietoja 0,8 m garus egles apaļkokus un veica fumigāciju ar Magtoksīnu tb. 16°C temperatūrā un 60% gaisa relatīvajā mitrumā. Posmkāju uzskaites veica 10, 17 un 27 dienas pēc apstrādes ar insekticīdu. Katrā uzskaites reizē apsekoja 10 ar Magtoksīnu tb. apstrādātus konteinerus, kā arī 10 apaļkokus no kontroles konteineriem. Uzskaitēs reģistrēja visus vizuāli atrastos posmkājus noteiktajā laukuma vienībā.

Pirmajā posmkāju uzskaites reizē, 10 dienas pēc apstrādes ar Magtoksīns tb., konstatēja 100% mērķa organisma, egļu astoņzobu mizgrauža *Ips typographus*, kāpuru, kūniņu un imago mirstību. Tāpat pirmajā uzskaites reizē tika konstatēta arī pārējo, zem egles mizas esošo mizgraužu un citu posmkāju 100% mirstība.

Dotais pētījums ir veikts laboratorijas apstākļos un tādēļ tajā iegūtie rezultāti nav viennozīmīgi pielīdzināmi kokmateriālu uzglabāšanas un pārvadāšanas apstākļiem praksē. Konteineri, kuros kokmateriāli, tajā skaitā arī apaļkoki, tiek uzglabāti un pārvadāti, nav pilnīgi hermētiski. Veicot Magtoksīna tb. fumigāciju šādos konteineros, nenovēršami notiek fosfīna gāzes noplūde apkārtējā vidē. Magtoksīnam tb. raksturīga augsta toksiskuma pakāpe, kā arī liela caurspiešanās spēja, kas rada veselības un dzīvības apdraudējumu tiešā tuvumā (50 m radiusā) esošajiem. Šī iemesla dēļ ir ārkārtīgi svarīgi korekti ievērot darba drošības noteikumus un būtiski nodrošināt buferzonu ap apstrādāto objektu.

Veiktajā pētījumā katrā konteinerā tika ievietoti trīs egles apaļkoki, turpretīm praksē konteineri tiek blīvi piekarauti ar kokmateriāliem. Šis apstāklis var ievērojami apgrūtināt fosfīna gāzes piekļuvi zem egles mizas esošajiem kaitēkļiem un potenciāli samazināt insekticīda efektivitāti.

Dabiskā posmkāju mirstība kontroles paraugos bija 28,3%. Tam par iemeslu bija lielais īpatņu blīvums apaļkokos mākslīgās egļu astoņzobu mizgrauža piesaistes rezultātā, kā arī apaļkoku salīdzinoši nelielā izmēra dēļ strauji izžuva lūksne. Šie apstākļi kopumā radīja nelabvēlīgus apstākļus mizgraužu attīstībai.

Lai būtu iespējams novērtēt insekticīda Magtoksīns tb. efektivitāti praksei pietuvinātos apstākļos, nepieciešams veikt pētījumu pilnīgi piekrautos konteineros, kas atbilst reālajiem ražošanas apstākļiem.

Ievads

Mūsdienās Latvijā notiek intensīvs apaļkoku eksports uz daudzām pasaules valstīm. Tas ir nozīmīgs Latvijas mežsaimniecības komponents. Tā, piemēram, 2014. gadā tika eksportēti skujkoku un lapkoku apaļie kokmateriāli 3 835 600 m³ apmērā (196 787 100 EUR) (<http://www.zm.gov.lv/mezi/statiskas-lapas/nozares-informacija/areja-tirdznieciba>).

Kvalitatīvu eksporta kokmateriālu nodrošināšanai nozīmīga ir efektīva dažādu koksnes un mizas kaitēkļu apkarošana.

Kokmateriāli, tajā skaitā apaļkoki, tiek pārvadāti dažāda veida konteineros, kas ir piemēroti kravas automašīnām, pārvadāšanai pa dzelzceļu vai ar kuģiem. Kravu uzglabāšanas un pārvadāšanas laikā dažādu kaitēkļu darbības rezultātā kokmateriāli var tikt ievērojami bojāti. Šādi kaitēkļi ir mizgrauži un lūksngrauži (Coleoptera, Scolytidae), koksngrauži (Coleoptera, Cerambycidae), krāšņvaboles (Coleoptera, Buprestidae) u.c. Kā īpaši bīstami neapstrādātas koksnes kaitēkļi ir mizgrauži un lūksngrauži. Viens no iespējamajiem risinājumiem cīņā ar šiem kaitēkļiem ir insekticīdu-fumigantu pielietošana kokmateriālu transportēšanas laikā.

Magtoksīns tb. ir elpošanas inde, kuru izmanto kā insekticīdu un akaricīdu. Preparāta darbīgā viela ir 66% magnija fosfīds, cieta viela, kura pēc saskares ar atmosfēras gaisā esošo ūdeni izdala bezkrāsainu gāzi – fosforūdeņradi (fosfīnu). Latvijā šis preparāts ir reģistrēts kā insekticīds noliktavu kaitēkļu ierobežošanai. Preparāts efektīvi ierobežo kaitēkļus visās to attīstības stadijās, bet nav pierādīta tā efektivitāte zem apaļkoku mizas esošo kaitēkļu ierobežošanā. Magtoksīns tb. ir 1. reģistrācijas klases augu aizsardzības līdzeklis (Ezers et al., 2015).

Darba mērķis un uzdevumi

Darba mērķis

Zinātniski pētnieciskā projekta mērķis bija izvērtēt insekticīda Magtoksīns tb. efektivitāti zem apaļo kokmateriālu mizas esošo kaitēkļu ierobežošanai.

Darba uzdevumi:

- Veikt Magtoksīna tb. iedarbības efektivitātes novērtējumu uz egļu astoņzobu mizgrauža *Ips typographus* L. invadētiem egles stumbra apaļkokiem slēgtos 1 m³ konteineros.
- Novērtēt egļu astoņzobu mizgrauža *Ips typographus* L. mirstību pie trīs dažādiem Magtoksīna tb. ekspozīcijas ilgumiem un salīdzināt ar kontroles variantu.
- Sagatavot pētījuma rezultātu izvērtējumu un priekšlikumus tālākai rīcībai, t.sk., cik šie pētījumi ir attiecināmi uz citām koksngraužu (Cerambycidae), mizgraužu un gremzdgraužu (Scolytidae) sugām.

Literatūras apskats

Egļu astoņzobu mizgrauzis *Ips typographus* (Coleoptera, Scolytidae) ir uzskatāms par vienu no bīstamākajiem skujkoku kaitēkļiem ne tikai Latvijā, bet visā Eirāzijā (Christiansen, Bakke, 1988). Egļu astoņzobu mizgrauzis daudzās valstīs ir karantīnas organisms, tādēļ tā atrašanās eksportējamos kokmateriālos nav pieļaujama. Šis kaitēklis parasti savairojas vējgāzēs vai citādi novājinātās egļu audzēs, vai arī nemizotos baļķos, kuru diametrs ir lielāks par 12 cm. Egļu astoņzobu mizgrauzim Skandināvijā ir raksturīga viena paaudze gadā, bet Latvijā siltās vasarās samērā bieži attīstās divas paaudzes (Ozols, 1968, 1985, Bičevskis, Ozols, 1983).

Latvijā egļu astoņzobu mizgrauža izlidošana sākas aprīļa otrajā pusē – maija sākumā (Bičevskis et al., 1983). Pirmā attiecīgās sezonas jaunā paaudze izlido jūnijā vai jūlija sākumā, bet otrā paaudze – augusta beigās, septembrī (Bičevskis, Ozols, 1983). Jaunās vaboles pārziemo zem egles mizas vai augsnē netālu no attīstības vietas. Lai egļu astoņzobu mizgrauži spētu kolonizēt dzīvu, nenovājinātu egli, tiem jāsavairojas pietiekami lielā skaitā, lai pārvarētu koka pretestību (Thalenhurst, 1958, Mulock, Christiansen, 1986). Tā kā egļu astoņzobu mizgrauža sekmīgai attīstībai ir nepieciešami egļu stumbri ar diametru virs 12 cm, koku zari un galotnes nav īsti piemēroti šīs vaboles attīstībai. Literatūrā nav atrodamas ziņas par egļu astoņzobu mizgrauža attīstību kaudzēs sakrātās ciršanas atliekās, bet baļķu krājumos tas kolonizē tikai virsējo daļu (Ehnström, 1976).

Otra suga, kas arī bieži kaitē egles koksnei, ir egļu sešzobu mizgrauzis *Pityogenes calcographus*. Atsevišķos gadījumos, savairojoties masveidā, tas var izraisīt arī egļu nokalšanu (Eidmann, 1992). Egļu sešzobu mizgrauzis parasti attīstās vēja gāztās eglēs, lauztās galotnēs, maza diametra ciršanas atliekās, egles zaros un galotnēs (Hochmut, 1977, Winter, 1980). Līdzīgi kā egļu astoņzobu mizgrauzis, arī egļu sešzobu mizgrauzis izdala agregācijas feromonu (Francke, 1977). Gadā tam parasti attīstās viena, retāk divas paaudzes un šo vaboļu lidošana notiek vienlaicīgi ar *I. typographus* lidošanu (Ozols, 1985).

Viens no iespējamajiem risinājumiem šo kaitēkļu apkarošanai ir kokmateriālu apstrāde ar insekticīdiem pēc to nozāgēšanas un/vai transportēšanas laikā.

Pasaulē ir veikti plaši pētījumi par dažādu noliktavās uzglabāto pārtikas produktu karantīnas organismu (kukaiņu, ērcu, grauzēju) apkarošanas iespējām. Salīdzinoši mazāk ir informācijas par dažādu kokmateriālu (apaļkoksnes, koksnes pārstrādes produktu, koksnes iepakojumu u.c.) kaitēkļu apkarošanu, tos uzglabājot vai pārvadājot. Noliktavās, kuģu tilpnēs un konteineros kaitēkļu apkarošanai izmantotās metodes ir fumigācija, apstrāde ar oglekļa dioksīdu, apstrāde ar karstu gaisu vai eļļu, ēteriskajām eļļām un augu izvilcumiem, kā arī, tiek veikti pētījumi par iespējām izmantot kaitēkļu dabiskos ienaidniekus – plēsējus un parazītoīdus. Tomēr, praksē visplašāk izmantotā metode ir fumigācija.

Elpošanas insekticīdi jeb fumiganti ir viegli gaistošas indīgas ķīmiskās vielas, kas kaitēkļa organismā nokļūst caur elpošanas orgāniem (Priedītis, 1981). Parasti šīm vielām ir universāla iedarbība, jo tās ietekmē dažādas organismu grupas: posmkājus, nematodes, grauzējus, mikroorganismus. Daži fumiganti ir toksiski arī augiem. Gandrīz visi fumiganti ir toksiski vai pat ļoti toksiski cilvēkiem un dzīvniekiem, vairums no tiem ir kumulatīvi, ar izteiktu ādas kairinošu iedarbību.

Daudzus gadus viens no plašāk izmantotajiem fumigantiem gan noliktavu, gan koksnes un koksnes pārstrādes materiālu kaitēkļu apkarošanā ir bijis metilbromīds (Taylor, 2000, Rajendran, Sriranjini, 2008, Ren et al., 2011, Suthisut et al., 2011, Tsai et al., 2011). Tas ir efektīvs preparāts un, pielietojot optimālas metilbromīda

koncentrācijas un atbilstošas temperatūras, var sasniegt 100% kaitēkļu mirstību (Qinglin et al., 2008). Tā kā 20. gs. 80. gados tika noskaidrots, ka metilbromīds kaitīgi iedarbojas uz ozona slāni, saskaņā ar Monreālas protokolu, tas ar 2015. gadu tiek pakāpeniski izņemts no aprites visā pasaulē (Emeck, 2010).

Pašreiz pasaulē visbiežāk lietotais fumigants ir fosfīna gāze (Chaundhry, 2000, Taylor, 2000, Rajendran, 2008, Suthisut et al., 2011, Tsai et al., 2011). Fosfīns, alumīnija fosfīds un magnija fosfīds ir aktīvās vielas vairāk nekā 25 produktos, kurus izmanto dažādu kaitēkļu apkarošanai (Reeve, 2014). Tīrai fosfīna gāzei nav smaržas, bet, kopā ar tehniskajiem piemaisījumiem, tai ir raksturīga ķiploku vai bojātas zivs smarža. Sauss alumīnija vai magnija fosfīds ir stabilas cietas vielas, bet gaisā esošā mitruma ietekmē tās veido viegli gaistošu fosfīna gāzi. Primārā saindēšanās ar fosfīnu notiek to ieelpojot. Fosfīns reaģē ar ūdeni (gaisā esošo mitrumu) un veido plaušās forsforskābi, kas izraisa plaušu tūsku. Laboratoriju pētījumos ir noskaidrots, ka fosfīns nomāc mitohondriju darbību, bojā hemoglobīnu un izraisa organisma oksidatīvo stresu. Pētījumu par fosfīna absorbciju caur ādu nav, jo pastāv uzskats, ka galvenais saindēšanās risks ir caur elpošanas orgāniem. Tomēr dažos laboratoriju eksperimentos ir noskaidrots, ka fosfīnam iedarbojoties pietiekami ilgu laiku, tas spēj iespieties pat betona un izdedžu blokos. Ir skaidrs, ka fosfīna gāze ir ļoti bīstama cilvēka veselībai. Darbā ar to ir reģistrēti arī letāli gadījumi drošības noteikumu neievērošanas un paviršas preparāta pielietošanas rezultātā (Hodges, 2009).

Fosfīna gāze pēc tās lietošanas neatstāj kaitīgos atlikumus, neietekmē sēklu dzīvotspēju, ir viegli iegūstama, cietajiem metālu fosfīdiem iedarbojoties ar atmosfērā esošo ūdeni, viegli pielietojama un efektīvi iedarbojas uz visiem kaitēkļiem (Chaundhry, 2000). Fosfīna gāzi veiksmīgi izmanto pārtikas produktu glabātuvēs cīņā ar dažādu grupu kaitēkļiem (Adler, 2004, Emekci, 2010). Šis preparāts ietekmē visas kukaiņu attīstības stadijas, to izmanto arī kaitēkļu olu apkarošanai (Adler, 2004, Muthaiyan, 2009, Ren et al., 2011). Pielietojot fosfīna gāzi, nepieciešams samērā ilgs ekspozīcijas laiks – 5 līdz 10 dienas (atsevišķā pētījumā minēts līdz pat 3 nedēļām ilgs periods mērenā klimata zonā), lai būtu iespējams kontrolēt arī kaitēkļu kūniņas un olas (Chaundhry, 2000, Adler, 2004, Muthaiyan, 2009, Ren et al., 2011). Lai arī fosfīna gāzei ir ilgāks ekspozīcijas laiks, tā ir efektīvs metilbromīda aizvietošanas līdzeklis. Fosfīna gāze pašreiz ir viens no nedaudziem pasaulē pieejamajiem līdzekļiem noliktavu produktu un celtniecības materiālu kaitēkļu apkarošanai.

Fosfīna izmantošana eksportējamās koksnes (baļķu) apstrādē salīdzinoši maz pētīta un ir tehniski sarežģīta (Zhang et al., 2004). Augsts gaisa mitrums telpā (konteinerā u.c.) un baļķu spēja absorbēt fosfīnu ir faktori, kas ietekmē tā koncentrāciju gaisā un, līdz ar to, darbības efektivitāti. Izmantojot šo gāzi kaitēkļu apkarošanai, būtiski ir noskaidrot nepieciešamo minimālo fosfīna koncentrāciju un darbības ilgumu, lai panāktu 100% mirstību. Pētījumā, kur ar fosfīnu apstrādāja tukšas kuģu kravas telpas, 100% pārtikas kaitēkļu mirstība tika sasniegta pēc 72 stundām (Fields et al., 2004). Ir konstatēts, ka fosfīna gāzes sajaukums ar oglekļa dioksīdu ir vēl efektīvāks par fosfīnu vienu pašu, tikai ir jāievēro noteikta attiecība starp abām vielām (Ren et al., 1994).

Izmantojot apstrādei fosfīna gāzi, jāņem vērā arī ar to saistītās negatīvās iezīmes. Pasaulē ir konstatēta pārtikas produktu glabātavās sastopamo kaitēkļu atsevišķu grupu rezistence pret fosfīna gāzi (Adler, 2004, Rajendran, Sriranjini, 2008, Emekci, 2010, Suthisut et al., 2011, Tsai et al., 2011). Izmantojot fosfīna gāzi kukaiņu olu apkarošanai, ir nepieciešams ilgāks preparāta pielietošanas laiks, nekā apkarojot tikai kustīgās formas (Adler, 2004, Muthaiyan, 2009, Ren et al., 2011). Fosfīna gāzei ir nepieciešams ilgāks ventilācijas laiks pēc apstrādes, kā arī šī gāze ir bīstama tuvumā

esošu cilvēku un dzīvnieku veselībai (Maas, 2004). Dažās valstīs fosfīna gāzi izmanto nelabprāt, jo tā izraisa dažādu iekārtu koroziju (Lange, 2004).

Noliktavu pārtikas produktu un koksnes kaitēkļu fumigācijai izmanto arī citas vielas, piemēram, ciānūdeņradi (Wright et al., 2002, Stejskal et al., 2014). Tas ir alternatīvs līdzeklis magtoksīnam un metilbromīdam, sastopams dabā un tam raksturīga augsta iespēšanās spēja. Veiktajos pētījumos ar egļu kaitēkļiem, ciānūdeņradis ir bijis efektīvs un kukaiņu mirstība sasniegusi 100%, bet ciānūdeņradis viegli saistās ar ūdeni un veido zilskābi, kas ir ārkārtīgi toksiska viela (Emeck, 2010).

Noliktavu kaitēkļu apkarošanai tiek izmantots arī propilēna oksīds (Emeck, 2010). Tomēr tas ir viegli uzliesmojošs, tādēļ lietojams zema spiediena apstākļos, kas apgrūtina tā izmantošanas iespējas. Vēl kaitēkļu apkarošanai izmanto karbonila sulfīdu, kas dabā ir sastopams sierā, dārzeņos u.c., bet iespējams, ka tas atstāj negatīvu ietekmi uz sēklu dīgšanu (Emeck, 2010).

Priežu baļķu apstrādei pirms transportēšanas ar kuģiem var izmantot etāndinitrilu (Park et al., 2014, Hall et al., 2015, Najar-Rodriguez et al., 2015). Tas tiek izmantots kā alternatīvs līdzeklis metilbromīdam. Etāndinitrils ātri iespēžas koksnei, tāpēc sākuma deva vajadzīga liela, bet citādi šis preparāts ir efektīvs cīņā ar kaitēkļiem.

Sēra fluorīds ir daudzus gadus izmantots cīņā ar karantīnas kaitēkļiem, apstrādājot dažādus kokmateriālus (Taylor, 2000, Barak et al., 2006, Ren et al., 2011). Sēra fluorīdu var izmantot kā alternatīvu preparātu metilbromīdam, tikai šim preparātam ir ierobežota ietekme uz kaitēkļu olām (Lange, 2004, Emekci, 2010).

Kaitēkļu apkarošanai izmanto arī apstrādi ar oglekļa dioksīdu un oglekļa dioksīdu augsta spiediena apstākļos (Page et al., 2002, Adler, 2004). Efektīvas ir augstas oglekļa dioksīda koncentrācijas. Šim preparātam nepieciešams ilgāks apstrādes laiks nekā fosfīna gāzei, bet, to izmantojot, nerodas apdraudējums cilvēka veselībai, atrodoties ar preparātu apstrādāto telpu tuvumā. Augsta spiediena konteineri ir dārgi, tādēļ šo metodi izmanto tikai tādu augstvērtīgu produktu apstrādei kā garšvielas, ārstniecības augi, rieksti u.c.

Pasaulē tiek veikti pētījumi par augu ēterisko eļļu un ekstraktu, to bioaktīvo sastāvdaļu ar repelentām, sterilizējošām vai toksiskām īpašībām, izmantošana kaitēkļu apkarošanā (Emeck, 2010, Seo et al., 2014). Tomēr šie pētījumi lielākoties veikti tukšos pārtikas produktu uzglabāšanas konteineros un tādēļ neatspoguļo reālo situāciju un preparāta spējas iespieties dažādos materiālos. Gadījumos, kad invāzija ar kaitēkļiem ir neliela, to apkarošanai var izmantot parazitoīdus vai plēsējus (Adler, 2004). Ir maz pētījumu par mizgraužu (Coleoptera, Scolytidae) dabiskajiem ienaidniekiem, piemēram, skudrulīšiem (Cleridae) un *Medetera* ģints mušām (Diptera, Dolichopodidae) (Wermelinger, 2004).

Latvijā kā insekticīdus – fumigantus izmanto Fostoksīnu tb. ar darbīgo vielu alumīnija fosfīdu, 56%, un Magtoksīnu tb. ar darbīgo vielu magnija fosfīdu, 66% (Ezers et al., 2015). Šīm vielām saskaroties ar atmosfēras gaisu, izdalās bezkrāsaina fosfīna gāze. Magtoksīns tb. (Magtoxin®, Detia DEGESCH Gmbx) ir 1. reģistrācijas klases preparāts un iekļauts 2015. gada Latvijas Republikā reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu sarakstā (Ezers et al., 2015). Tas ir insekticīds/akaricīds un to atļauts izmantot noliktavu kaitēkļu apkarošanai. Šis preparāts efektīvi ierobežo kaitēkļus visās to attīstības stadijās. Pagaidām lielā mērā ir neskaidra Magtoksīna tb. iedarbība uz kaitēkļiem, kas atrodas zem apaļkoku mizas.

1. Materiāls un metodika

Par etalonsugu insekticīda Magtoksīna tb. efektivitātes pārbaudei izvēlējās egļu astoņzobu mizgrauzi *Ips typographus*. Šo sugu lielā skaitā var piesaistīt svaigi gāztām eglēm, izmantojot feromonus (Schlyter et al., 1987). Lai efektīvi būtu iespējams pārbaudīt attiecīgo insekticīdu, nepieciešams optimāls skaits attiecīgo kaitēkļu. Egļu astoņzobu mizgrauža invadētajām eglēm tika piesaistītas arī citas dendrofāgo kukaiņu sugas: egļu sešzobu mizgrauzis *Pityogenes calcographus*, violetais skujkoku lūksngrauzis *Hylurgops palliatus*, koksngrauži *Rhagium* spp., *Monochamus* spp. u.c., kā arī plēsīgo kukaiņu sugas – skudrulīši *Thanasimus* spp., īsspārņi Staphylinidae un divspārņi Diptera (Wermelinger, 2004).

1.1. Pētījuma kalendārais plāns

8.05. – cirmās izvietoti egļu stumbri, tiem pievienoti feromoni (1.1.att.).

19.05., 3.06., 17.06. un 29.06. – veikta cirmā eksponēto egles baļķu apsekošana, lai konstatētu mizgraužu klātbūtni.

1.07. – baļķi transportēti uz LVMI “Silava”.

2.07. – baļķi sagarumoti 0.8 m garos posmos un ievietoti konteineros.

3.07. – veikta fumigācija ar Magtoxin tb.

13.07. – 10 ar fosfinu apstrādāto konteineru izvešana no klimata mājas, atvēršana un vēdināšana.

14.07. (10. diena pēc apstrādes) – neapstrādātā varianta baļķu izcelšana no konteineriem un pirmā posmkāju uzskaitē.

17.07. – 10 ar fosfinu apstrādāto konteineru izvešana no klimata mājas, atvēršana un vēdināšana.

20.07. (17. diena pēc apstrādes) – neapstrādātā varianta baļķu izcelšana no konteineriem un otrā uzskaitē.

29.07. – 10 ar fosfinu apstrādāto konteineru izvešana no klimata mājas, atvēršana un vēdināšana.

30.07. (27. diena pēc apstrādes) – neapstrādātā varianta baļķu izcelšana no konteineriem un trešā uzskaitē.



1.1.attēls. Pie egles stumbra piestiprinātais feromonu dispensers egļu astoņzobu mizgrauža pievilināšanai. (Foto: A. Šmits)

1.2. Paraugkoku sagatavošana un mizgraužu piesaistīšana

Agregācijas feromonam, ko izmanto egļu astoņzobu mizgrauža pievilināšanai ir sinerģiska iedarbība ar svaigām skuju koku ciršanas atliekām, kuras izdala α -pinēnu (Schlyter et al., 1987, Jakuš, Blaženec, 2003, Wermelinger, 2004), tāpēc paraugkoku izvietošanai izvēlējās svaigu skujkoku cirsmu. Meža pētīšanas stacijas "Kalsnava" teritorijā 2015. gada 7. maijā apsekoja vairākas skuju koku cirsmas un izvēlējās priežu – egļu cirsmu, kas izstrādāta 2014. gada decembrī (GPS koordinātes: 56°44'5"N, 25°53'31"E). Kā paraugkokus atlasīja deviņas cirsmas malā esošas vēja gāztas egles (ar diametru 1,3 m), kuras 8. maijā atzaroja un ievilka cirsmā 50 metru attālumā no meža sienas. Feromonu dispenserus piestiprināja katram egles stumbram egļu astoņzobu mizgrauža pievilināšanai (1.1. att.).

Egles paraugkoku kolonizēšanas intensitātes un mizgraužu attīstības stadiju noteikšanai cirsmu ar paraugkokiem apsekoja 19.05., 3.06., 17.06. un 29.06. Jau 19. 05. novēroja pirmās mizgraužu ieskrejas ar raksturīgām mizas "miltu" kaudzītēm (1.2. att.).



1.2.attēls. Raksturīgi mizas „milti” no egļu astoņzobu mizgrauža ieskrejas.
(Foto: A. Šmits)

Apsekojot cirsmu 3.06. un 17.06., konstatēja, ka egles paraugkokus blīvi kolonizējuši egļu astoņzobu mizgrauži, kā arī novēroja daudzas egļu sešzobu mizgrauža ieskrejas (1.3. att.).



1.3.attēls. Egļu astoņzobu mizgrauža (apvilkts ar sarkanu) un egļu sešzobu mizgrauža (apvilkts ar dzeltenu) ieskrejas egles mizā. (Foto: A. Šmits)

Novēroja arī garas mātes ejas, bet kāpurus vēl nekonstatēja (1.4.A att.). Egļu astoņzobu mizgrauža kāpurus un pirmās kūniņas paraugkokos reģistrēja 29.06. (1.4.B att.). Paraugkokus 1.07. sagarināja 1,6 m garos nogriežņos un transportēja uz LVMI "Silava" (1.5. att.).



A

B

1.4.attēls. Egļu astoņzobu mizgrauža kopulācijas telpas un mātes ejas (A) 3.06. un kāpuri un kūniņas (B) 29.06. (Foto: A. Šmits)



1.5 attēls. Egļu stumbru apaļkoki sagatavoti transportēšanai no cirsmas.
(Foto: A. Šmits)

1.3. Kokmateriālu izvietošana konteineros un fumigācija

Fumigācijas veikšanai izvēlējās 1 m^3 lielus, slēgtus plastmasas ūdens konteinerus (1.6. att.). Kopumā pētījumam iekārtoja 40 konteinerus, no tiem 30 konteineros veica fumigāciju, bet 10 iekārtoja kā kontroles konteinerus, kuros fumigāciju neveica. Katrā konteinerā ievietoja trīs 0,8 m garus egles apaļkokus (1.7. att.), bet kopumā konteineros izvietoja 120 egles stumbra apaļkokus ar vidējo diametru tievgalī 15,4 cm.



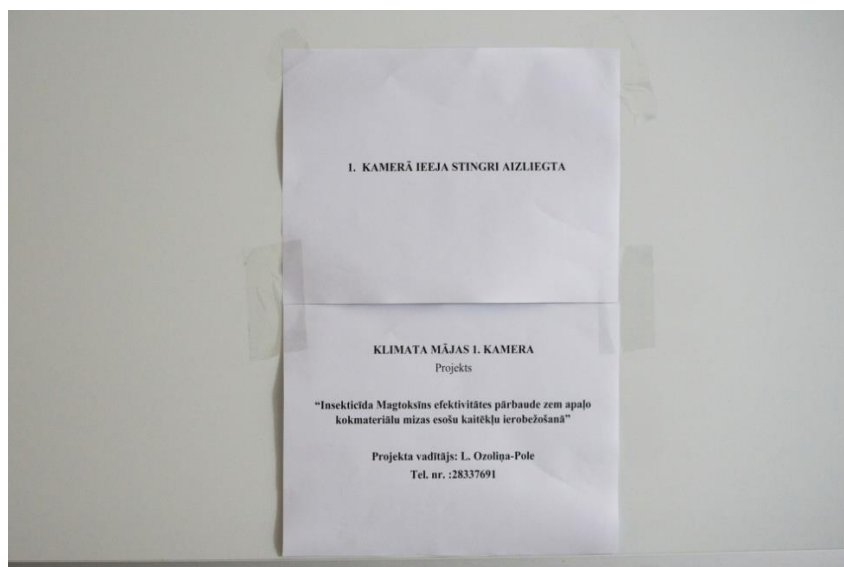
1.6.attēls. Plastmasas konteineri ar tilpumu 1 m^3 , kuros ievietoti 0,8 m apaļkoki.
(Foto: A. Šmits)



1.7.attēls. Konteinerā tika ievietoti trīs egles stumbra apaļkoki. (Foto: I. Siliņš)

Visus 40 konteinerus ar egles apaļkokiem novietoja LVMI “Silava” klimata mājas 1. telpā, ko veido slūžas telpa ar paaugstinātu spiedienu un klimata istaba. Visā eksperimenta laikā klimata mājas 1. telpā uzturēja 16°C temperatūru un 60% relatīvo gaisa mitrumu.

Visā darbības laikā ievēroja darba drošības noteikumus, lai novērstu fosfīna gāzes saskari ar cilvēkiem (1.8. att., Materiāls un metodika, punkts 2.5.) Blakus esošajās telpās regulāri mērīja fosfīna atlieku klātbūtni, kas netika konstatēta. Fosfīna gāzes paredzamais izreaģēšanas laiks ir septiņas dienas.



1.8. attēls. Brīdinājuma uzraksti uz klimata mājas 1. telpas durvīm fumigācijas laikā. (Foto: L. Ozoliņa-Pole)

Apstrādi ar Magtoksīnu tb. veica 03.07.2015. (1.9. att.). Fumigācijas procesu pārraudzīja firmas SIA “T.T.R.” pārstāvis. Katrā uzskaites reizē izņēma 10 konteinerus, kuros apaļkoki apstrādāti ar insekticīdu (katrā trīs apaļkoki) un 10 apaļkokus no kontroles konteineriem.



1.9.attēls. Apstrāde ar Magtoksīnu tb. (Foto: A. Šmits)

Pirmajai uzskaites reizei konteinerus no klimata kamerām izveda 13.07.2015., t.i., 10, nevis 7 dienas pēc apstrādes, kā sākotnēji tika plānots. Septītajā dienā pēc apstrādes klimata kameras slūžu telpā konstatēja fosfīna gāzes atlieku klātbūtni (1.10. att.), un, tādēļ pieņēma lēmumu veikt slūžu telpas vēdināšanu un konteinerus pirmajai uzskaitēi no klimata kameras izņemt 10. dienā pēc apstrādes.



1.10.attēls. Fosfīna gāzes atlieku mērījumi klimata kameras slūžu telpā. (Foto: L. Ozoliņa-Pole)

Slūžu telpas vēdināšanai ieslēdza ventilācijas sistēmu un fosfīna gāzes atliekas tika izvadītas atmosfērā. Pēc vēdināšanas fosfīna gāzes atliekas slūžu telpā un klimata istabā, kurā atradās konteineri, nekonstatēja. Konteinerus izveda ārā no klimata

kameras izvēdināšanai, lai būtu iespējams veikt posmkāju uzskaites, neradot apdraudējumu cilvēku veselībai un dzīvībai.

Konkrētais eksperimenta dizains izvēlēts sekojošu iemeslu dēļ:

- a) eksperimentā nepieciešami vismaz seši atkārtojumi (6 konteineri), lai datus varētu statistiski ticami apstrādāt; savukārt, lielāku skaitu konteineru sarežģīti izvietot, kā arī laikietilpīgi apstrādāt;
- b) tika ņemti vismaz trīs egles apaļkoki katrā atkārtojumā, lai datus varētu statistiski ticami apstrādāt (ja būtu nepieciešams), pēc iespējas samazinot datu izkliedes iespēju.

1.4. Posmkāju uzskaites

Posmkāju uzskaites veica 10, 17 un 27 dienas pēc apaļkoku apstrādes ar Magtoksīnu tb. Posmkāju uzskaitē uz katra stumbra apaļkoka izgriezta divus 10 x 30 cm lielus laukumus un uzskaiti veica gan uz izgrieztajiem egles mizas gabaliem, gan arī uz pašiem apaļkokiem attiecīgajā laukumā (1.11. att.). Posmkāju noteikšanai izmantoja atstarojošās gaismas mikroskopus Nikon SMZ1000 (palielinājums 4x40) un МБС-9 (3,5x9,8).



1.11.attēls. Posmkāju uzskaitē uz egļu apaļkokiem. (Foto: L. Ozoliņa-Pole)

Apstrādātajos un kontroles paraugos atsevišķi uzskaitīja katras mizgraužu un citu posmkāju sugas kāpurus, kūniņas un pieaugušos īpatņus, ja tādi bija konstatēti. Atsevišķi uzskaitīja dzīvos un mirušos īpatņus un posmkāju vitalitāti novērtēja vizuāli.

Egļu astoņzobu mizgrauzim, egļu sešzobu mizgrauzim un violetajam skujkoku lūksngrauzim no pieaugušajiem īpatņiem uzskaitīja tikai jaunās vaboles, kas ir gaišāk krāsotas salīdzinājumā ar vecajām (1.12. att.). Vecās vaboles neuzskaitīja, jo to mirstība konkrētajā laikā, iespējams, bija notikusi dabiski. Katra parauga uzskaitēs konstatētos posmkājus reģistrēja uzskaites lapās (1. pielikums).



1.12.attēls. Egļu astoņzobu mizgrauzis (A - jauna vabole, B,C - kūniņas). (Foto: A. Šmits)

1.5. Darba drošības noteikumi

1. Drošības noteikumi ir izstrādāti atbilstoši Ministru kabineta 2011. gada 13. decembra noteikumiem Nr. 950 “Augu aizsardzības līdzekļu lietošanas noteikumi” (Anonīms, 2011) un ir saistoši zinātniskās izpētes projekta „Insekticīda Magtoksīns efektivitātes pārbaude zem apaļo kokmateriālu mizas esošu kaitēkļu ierobežošanā” (turpmāk – projekts) izpildītājiem (turpmāk – izpildītāji), kā arī Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” darbiniekiem (turpmāk – darbinieki), kuri atrodas ar projektu saistītajā objektā, bet, kuri nav projekta izpildītāji.
2. Objekts ir Latvijas Valsts mežzinātnes institūta “Silava” klimata mājas 1. kamera ar dubultām durvīm, kur tika veikta fumigācija.
3. Pirmās reģistrācijas klases augu aizsardzības līdzekļus drīkst lietot augu aizsardzības speciālista vadībā, kurš ir saņēmis apliecību un ieguvis tiesības strādāt ar pirmās reģistrācijas klases augu aizsardzības līdzekļiem.
4. Ja pirmās reģistrācijas klases augu aizsardzības līdzekļus lieto fumigācijai (apaļkoku apstrāde ar tvaikiem vai gāzēm objektā), ievēro šādas prasības:
 - aizliegts lietot atklātu uguni un smēķēt;
 - vienu dienu pirms fumigācijas sākšanas par fumigāciju un tās veikšanas laiku brīdina izpildītājus un darbiniekus, kas atrodas ar projektu saistītajā objektā;
 - pirms fumigācijas sākšanas veic objekta hermetizāciju;
 - objektu norobežo un izvieto labi saredzamus brīdinājuma uzrakstus „BĪSTAMI DZĪVĪBAI” un „IEEJA AIZLIEGTA”;
 - fumigāciju veic vismaz divi izpildītāji (1.9. att);
 - pēc fumigācijas objektu hermētiski noslēdz;
 - fumigācijā iesaistītos izpildītājus nodrošina ar gāzmaskām un individuālajiem aizsardzības līdzekļiem (1.9. att);
 - fumigācijas sagatavošanu un gāzu palaišanu veic tikai diennakts gaišajā laikā;

- pirms degazācijas sākšanas mēra gāzu koncentrāciju objektā, lai konstatētu, vai fumigācijas laikā fumigants sadalījies līdz tā marķējumā norādītajām pieļaujamajām normām 1.10. att.);
 - degazāciju veic pakāpeniski, neļaujot izplūst atmosfērā lielam gāzu daudzumam;
 - objekta degazāciju veic, kamēr gāzes koncentrācija sasniedz attiecīgā augu aizsardzības līdzekļa marķējumā paredzētos rādītājus.
5. Individuālie aizsardzības līdzekļi, kas jāizmanto, strādājot ar pirmās reģistrācijas klases augu aizsardzības līdzekli, ir aizsargājošs darba apģērbs, piemēroti gumijas cimdi un gāzmaska.
6. Jāievēro īpaši aizsardzības pasākumi, kas norādīti uz aizsardzības līdzekļa marķējuma.
6. Projekta īstenošanas laikā aizliegts:
- pakļaut darbiniekus ķīmisko vielu iedarbībai;
 - darbiniekiem atrasties objektā dienā, kad notiek fumigācija;
 - darbiniekiem un nepiederošām personām ieiet objektā, kur notiek darbība ar fumigantu, kur tas uzskatāmi norādīts ar brīdinājuma uzrakstiem, darbiniekiem jāpievērš īpaša uzmanība brīdinājuma uzrakstiem objektā;
 - lietot atklātu uguni un veikt darbības, kas izraisa dzirksteļošanu vai ugunsliedzi rašanos.
8. Fumigācijā iesaistītajiem izpildītājiem pienākums:
- nodrošināt fumiganta pareizu glabāšanu un lietošanu;
 - pēc fumigācijas procesa veikt mērījumus fumiganta koncentrācijas noteikšanai gaisā un:
 - ja tā nepārsniedz attiecīgā fumiganta marķējumā norādītās pieļaujamās normas, tad veikt telpu izvēdināšanu pēc fumigācijas beigām;
 - ja tā pārsniedz dotā fumiganta marķējumā norādītās pieļaujamās normas, tad izpildītājiem bez gāzmaskām un individuāliem aizsardzības līdzekļiem uzturēšanās objektā ir aizliegta. Uzturēšanās objektā bez gāzmaskām un individuāliem aizsardzības līdzekļiem ir atļauta tikai tad, kad veiktie mērījumi fumiganta koncentrācijai gaisā nepārsniedz dotā fumiganta marķējumā norādītās pieļaujamās normas.
9. Darbiniekiem pienākums, jūtot fumigantu gaisā, steidzīgi doties prom no objekta un nekavējoties par to ziņot projekta vadītājam. Ja ir pasliktinājies veselības stāvoklis (galvassāpes, vājums, līdzsvara traucējumi, vemšana), vērsties tuvākajā medicīnas iestādē vai nekavējoties izsaukt Neatliekamo medicīnisko palīdzības dienestu pa tālruni 113.

1.6. Datu matemātiskā apstrāde.

Dotajā pētījumā datu statistiskā apstrāde nebija nepieciešama, jo jau pirmajā uzskaites reizē apstrādātajos paraugkokos konstatēja 100% visu posmkāju mirstību. Lai salīdzinātu kopējo posmkāju daudzumu zem mizas apstrādātajos un kontroles variantos un egles apaļkoku diametra ietekmi uz kopējo posmkāju daudzumu paraugos, izmantoja dispersijas analīzi – General Linear Models procedūra SPSS programmā:

Mainīgais lielums: kopējais posmkāju skaits paraugā.

Faktori: 1) Variants - apstrādes variants (Insekticīds Magtoksīns un Kontrole)

2) Datums - uzskaites datums vai insekticīda ekspozīcijas ilgums (14., 20., 30.07.)

Kovariāte: egles stumbra apaļkoka diametrs.

2. Rezultāti

Veiktajā pētījumā kopumā konstatēja trīs mizgraužu sugas, kā arī citus koksni apdzīvojošus posmkājus:

egļu astonzobu mizgrauzis *Ips typographus* (1.12. att.)
egļu sešzobu mizgrauzis *Pityogenes calchographus* (2.1. att.)
violets skujkoku lūksngrauzis *Hylurgops palliatus*
skudruļiši *Thanasimus* sp. (tikai kāpuri)
koksngrauži Cerambycidae (tikai kāpuri)
citas vaboles Coleoptera (tikai kāpuri)
divspārņi Diptera (tikai kāpuri)
īsspārņi Staphilinidae
ērces Acari

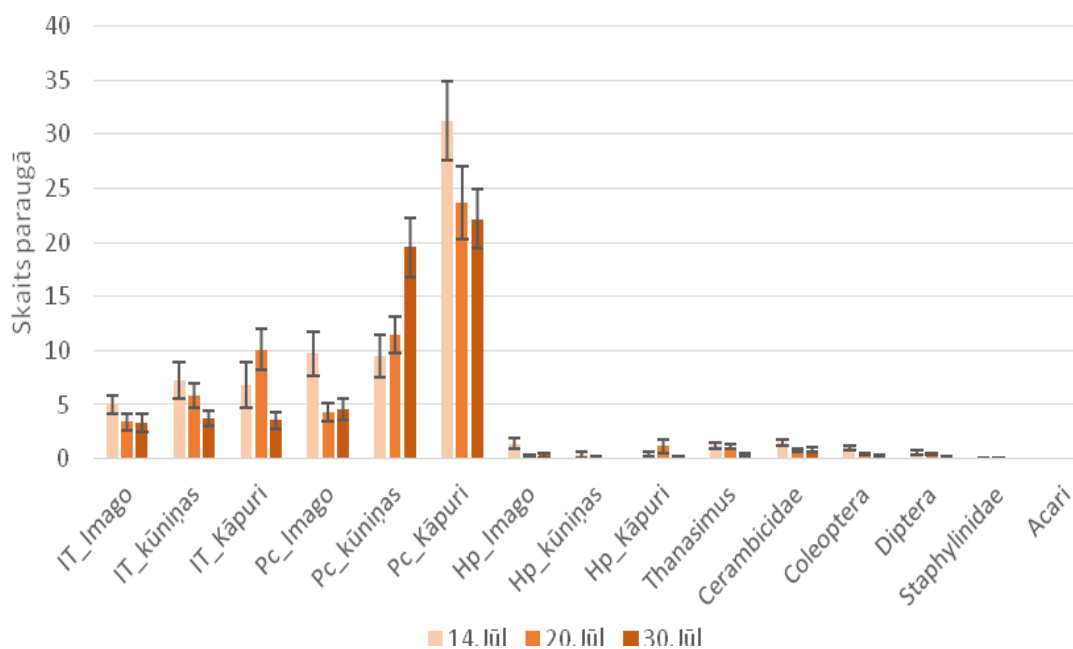
Ar Magtoksīnu tb. apstrādāto egles apaļkoku paraugos pavisam uzskaitīja 11 886 posmkāju indivīdus dažādās attīstības stadijās (izņemot olas), savukārt, kontroles paraugos kopumā konstatēja 3 138 posmkājus.



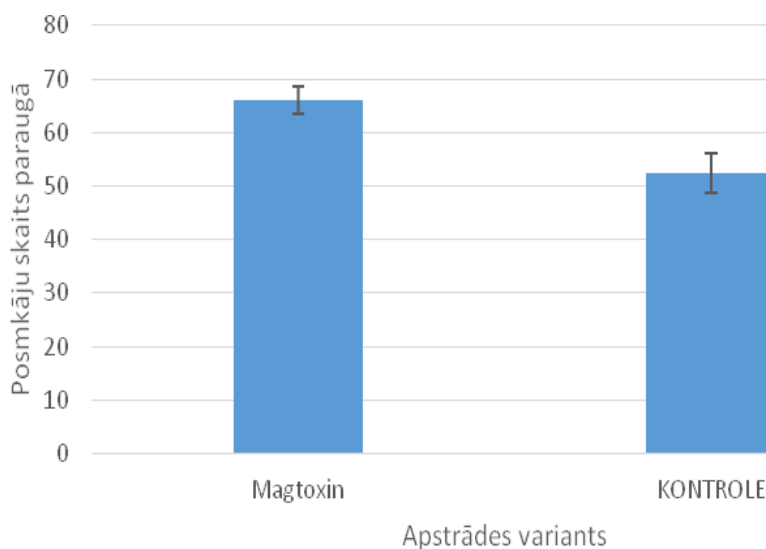
2.1.attēls. Pieaugušas egļu sešzobu mizgrauža *Pityogenes calchographus* vaboles.
(Foto: A. Šmits)

2.1. Magtoksīna tb. iedarbības efektivitātes novērtējums

Pirmajā posmkāju uzskaites reizē, 10 dienas pēc apstrādes ar Magtoksīnu tb., egles apaļkokos nekonstatēja dzīvus kādas sugas īpatņus. Arī turpmākajās uzskaites reizēs, 17 un 27 dienas pēc apstrādes, dzīvi posmkāji ar Magtoksīnu tb. apstrādātajos paraugos netika atrasti (2.2. att.). No tā var secināt, ka Magtoksīna tb. koncentrācijā 200 ppm un 16°C temperatūrā šis insekticīds ir pietiekami efektīvs un nodrošina 100% mirstību.



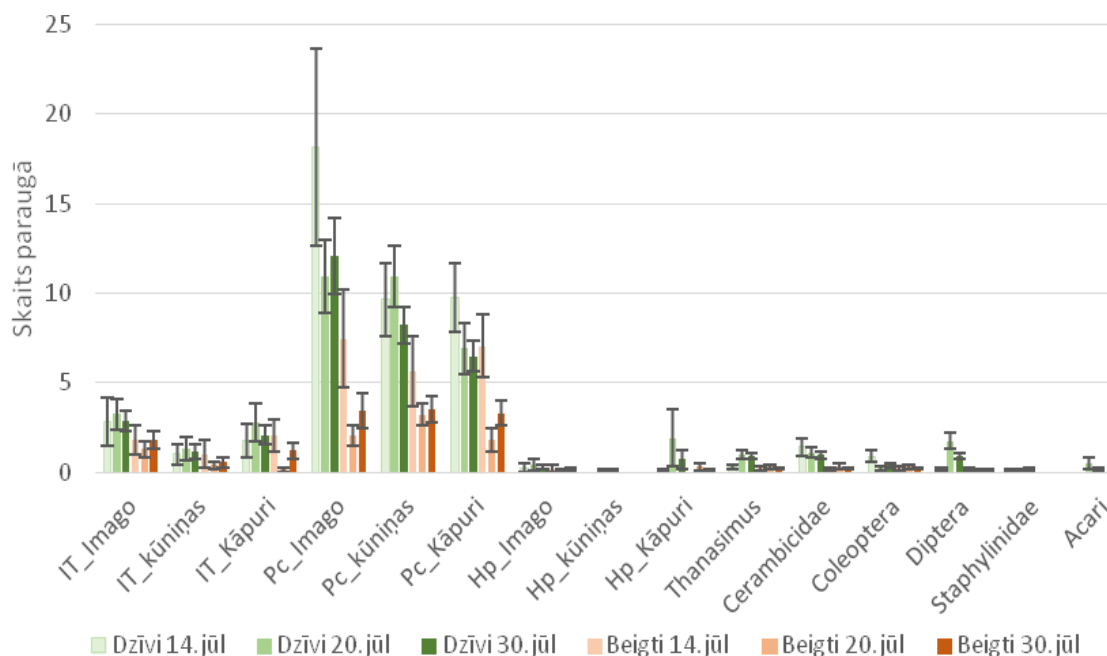
2.2.attēls. Zem egles mizas uzskaitīto nedzīvo posmkāju daudzums vidēji vienā paraugā ar insekticīdu Magtoksīns tb. apstrādātajos variantos trīs uzskaites datumos. Apzīmējumi: It – *Ips typographus*, Pc – *Pityogenes calcographus*, Hp – *Hylurgops palliatus*, *Thanasimus* – skudrulīšu kāpuri, Cerambycidae – koksngraužu dzimtas kāpuri, Coleoptera – citi vaboļu kāpuri, Diptera – divspārņu kāpuri, Staphylinidae – īsspārņu dzimtas kāpuri, Acari – ērces. Nogriežņi uz stabiņiem norāda standartklūdu.



2.3.attēls. Vidējais dzīvo un nedzīvo posmkāju skaits paraugos zem egles mizas apstrādātajos un kontroles paraugos.

Vienā ar Magtoksīnu tb. apstrādātajā paraugā vidēji uzskaitīja $66,0 \pm 2,7$ nedzīvus posmkāju īpatņus (2.3. att.). Kontroles paraugos posmkāju skaits ar laiku samazinājās (2.4. att.). Daļa mizgraužu īpatņu pētījuma laikā (1 mēnesis) pabeidza savu attīstības ciklu zem egles apaļkoka mizas un atstāja ar koksni saistītās attīstības

vietas. Šos īpatņus uzskaišu laikā nebija iespējams reģistrēt. Kontroles paraugos vidējais posmkāju skaits vienā paraugā bija 52 īpatņi (2.3. att.). Tas arī apstiprinās dispersijas analizē konstatētajās atšķirībās kopējam skaitam vienā paraugā starp apstrādes variantiem un arī uzskaites datumiem (2.1. tab.).



2.4.attēls. Zem egles mizas uzskaitīto posmkāju daudzums vidēji vienā paraugā kontroles variantos trīs uzskaites datumos. Apzīmējumi: It - *Ips typographus*, Pc - *Pityogenes calcographus*, Hp - *Hylurgops palliatus*, *Thanasimus* - skudruļišu kāpuri, *Cerambycidae* - koksngraužu dzimtas kāpuri, *Coleoptera* - citi vaboļu kāpuri, *Diptera* - divspārņu kāpuri, *Staphylinidae* - īsspārņu dzimtas kāpuri, *Acari* - ērces. Nogriežņi uz stabiņiem norāda standartklūdu.

To, ka daļa posmkāju vēlākajos uzskaites datumos kontroles variantos bija pametuši savas attīstības vietas, uzskatāmi varēja redzēt pēc mizgraužu izskrejām (2.5. att.).

Dabiskā mirstība kontroles paraugos sasniedza 28,3%. Tas ir skaidrojams ar faktu, ka egles stumbrs tika sadalīts 0,8 m garos nogriežņos, kas ievērojami veicināja lūksnes izzūšanu. Meža apsaimniekošanas un izmantošanas sanitārajos noteikumos (1995. gads) viena no cirsmu satūrīšanas prasībām ir lielo dimensiju ciršanas atlieku sagarināšana nogriežņos ne garākos par 1 m (Anonīms, 1995). Mizgraužu mirstību kontroles apaļkokos, iespējams, ietekmēja arī mākslīgi veicinātais (pievilinot ar feromoniem), augstais īpatņu blīvums (Anderbrant, 2008).

Atsevišķos kontroles paraugos jaunās egļu astonzobu mizgrauža vaboles novēroja mizas virspusē (2.10. att.).



2.5.attēls. Mizgraužu izskrejas uz egles mizas. (Foto: A. Šmits)

2.1.tabula

Dispersijas analīze kopējam posmkāju daudzumam paraugos ar Magtoksīnu tb. apstrādātajiem un kontroles variantiem.

Variants – ar Magtoksīnu apstrādāti un kontroles varianti; Datums – uzskaites datumi 14.07., 20. 07. un 30.07.; Diametrs – egles apaļkoku diametrs tievgalī analīzē izmantots kā kovariāte.

Tests of Between-Subjects Effects

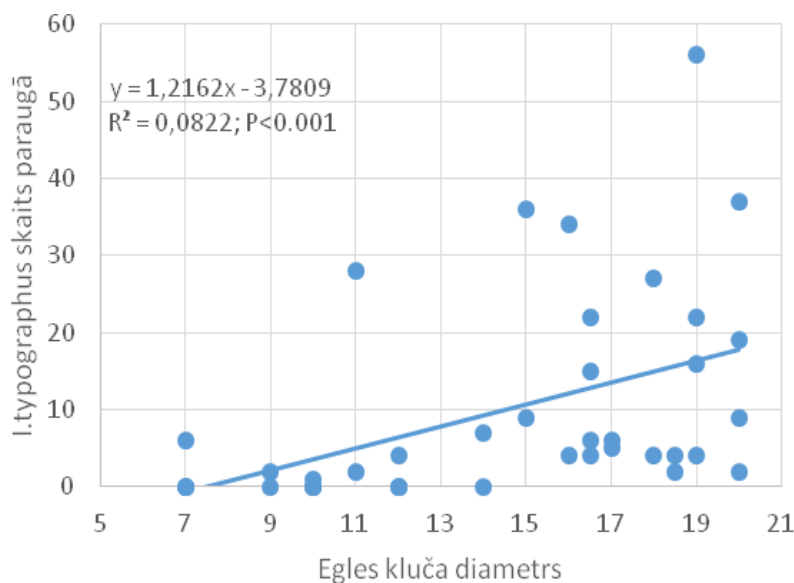
Dependent Variable: Pavisamkopā

Izkliedes avots	III tipa kvadrātu summa	Brīvības pakāpes	Kvadrātu summa	F	P (būtiskums)
Koriģētais modelis	50647,624 ^a	6	8441,271	8,488	,000
Intercept	134258,025	1	134258,025	134,996	,000
Diametrs	15497,290	1	15497,290	15,582	,000
Variants	12323,905	1	12323,905	12,392	,001
Datums	31799,967	2	15899,984	15,987	,000
Variants * Datums	3256,414	2	1628,207	1,637	,197
Atlikuma	231725,976	233	994,532		
Kopējā	1222876,000	240			
Koriģētā kopējā	282373,600	239			

a. $R^2 = 0,179$ (koriģētais $R^2 = 0,158$)

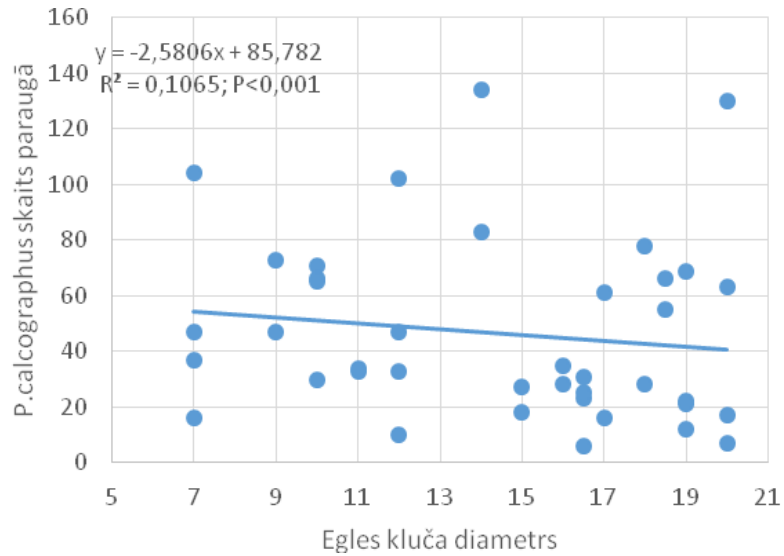
Pētījumā uzskaitīja trīs mizgraužu sugas, egļu astoņzobu mizgrauzi *Ips typographus*, egļu sešzobu mizgrauzi *Pityogenes calchographus* un violeto skujkoku lūksngrauzi *Hylurgops palliatus* (Scolytidae), no kurām dominējošās bija pirmās divas sugas. Dabiskos apstākļos šīs sugas savstarpēji konkurē par attīstībai nepieciešamajām platībām uz egles stumbra. Egļu astoņzobu mizgrauzis tipiski kolonizē resnākus (virs 12 cm diametrā) kritušus vai dzīvus, novājinātus stumbrus

(Wermelinger, 2004), bet egļu sešzobu mizgrauzis sastopams egles stumbra tievākajās daļās. Pētījumā *I. typographus* pievilināja ar agregācijas feromonu palīdzību, tādēļ to konstatēja arī tievākās egles stumbra daļās. Regresijas analīze parāda, ka stumbra diametra lielums ietekmē mizgraužu sastopamību (2.6., 2.7. att.). Gandrīz visos paraugos konstatēja kādu no šīm divām dominējošajām sugām – egļu astoņzobu mizgrauzi vai egļu sešzobu mizgrauzi. Tikai vienā paraugā no 240 nekonstatēja nevienu šīs sugas īpatni. Egļu astoņzobu mizgrauzi konstatēja 78,8%, bet egļu sešzobu mizgrauzi – 93,3% no kopējā paraugu skaita. Abas šīs sugas kopā konstatēja 72,5% no kopējā paraugu skaita.



2.6.attēls. Egļu astoņzobu mizgraužu skaits vienā paraugā atkarībā no egles apaļkoka diametra.

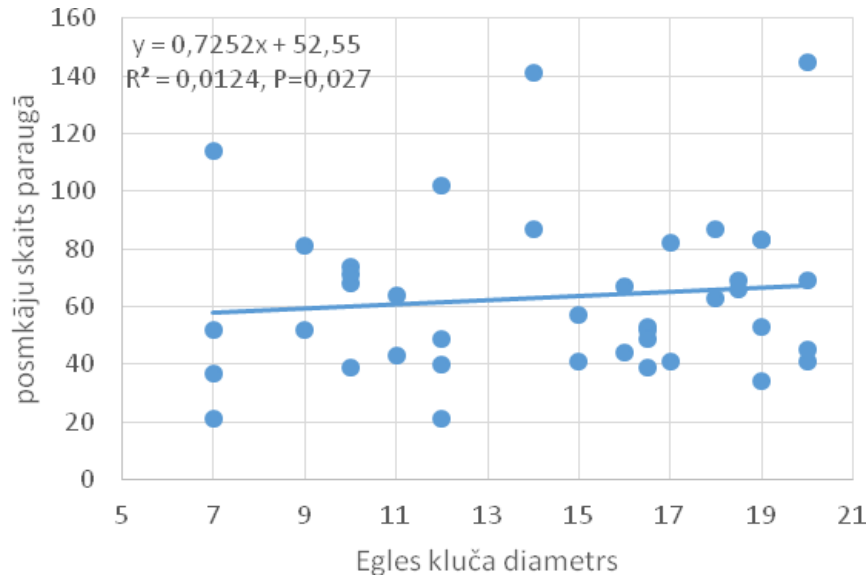
Vairumā paraugu kāda no šīm sugām bija izteikti dominējoša. Šīs sakarības labi ilustrē mātes un kāpuru eju galerijas mizu paraugos (2.8. att.). Egles apaļkoku diametrs kopējo posmkāju daudzumu paraugā ietekmēja nedaudz. Lai gan pēc dispersijas analīzes varam secināt, ka egles apaļkoka diametrs statistiski būtiski ietekmē posmkāju daudzumu vienā paraugā (2.1. tab.), ietekmes lielums ir niecīgs un regresijas determinācijas koeficients ir 0,014 (2.9. att.).



2.7.attēls. Egļu sešzobu mizgrauža skaits vienā paraugā atkarībā no egles apaļkoka diametra.



2.8.attēls. No egles apaļkokiem noņemtā uzskaites laukuma miza ar raksturīgām kukaiņu galerijām. 1., 2. un 3. paraugā dominē egles sešzobu mizgrauzis, 4. un 6. paraugā dominē egļu astoņzobu mizgrauzis, bet 5. paraugā redzamas abu sugu mātes un kāpuru galerijas. (Foto: A. Šmits)



2.9.attēls. Posmkāju skaits vidēji vienā paraugā atkarībā no egles apaļkoka diametra.

Pētījumā nekonstatēja skujkoku koksnes mizgrauzi *Trypodendron lineatum*, kas ir tipisks skujkoku tehniskais kaitēklis. Tas aktīvi lido no aprīļa beigām līdz maija beigām. Šim mizgrauzim ir raksturīgas dziļas ejas koksnes aplievas daļā. Tomēr, ņemot vērā, ka ejas nav noslēgtas, maz ticams, ka tas varētu būt vairāk pasargāts no Magtoksīna tb. iedarbības kā zem mizas esošie organismi.

Pētījumā novēroja arī Magtoksīna tb. iedarbību uz citu grupu posmkājiem: koksngrauziem, īsspārņiem, skudrulīšiem, divspārņiem u.c. Arī šajā gadījumā visu īpatņu mirstība sasniedza 100% jau pirmajā uzskaites reizē, t.i., 10 dienas pēc apstrādes sākuma ar Magtoksīnu tb. Līdz ar to, var secināt, ka arī attiecībā uz citām, zem egles mizas sastopamajām posmkāju grupām, Magtoksīns ir 100% efektīvs.

Samērā daudzos paraugos konstatēja arī mizgraužu dabiskos ienaidniekus – 106 paraugos jeb 44,2% paraugu konstatēja *Thanasimus* ģints kāpurus (2.11. att.). Pavisam pētījumā uzskaitīja 231 *Thanasimus* spp. kāpuru. Apsekojot paraugkokus izcirtumā, lielā skaitā novēroja skudrulīšu vaboles (2.12. att.). Retāk paraugos konstatēja divspārņus (66 paraugos 127 kāpuri) un īsspārņus (10 paraugos 13 kāpuri). Kontroles variantos skudrulīšu kāpuru mirstību konstatēja 22,6%, kas ir nedaudz mazāka nekā kopējā posmkāju mirstība kontroles paraugos. Divspārņu mirstība kontrolē bija tikai 14,5%, bet visi kontroles paraugos atrastie īsspārņi bija dzīvi. Tādējādi var secināt, ka nelabvēlīga vides maiņa dabiskos mizgraužu ienaidniekus ietekmē mazāk nekā mizgraužus. Turklāt daļa no šiem dabiskajiem ienaidniekiem ir mobili (piemēram, īsspārņi) un, iespējams, bija pametuši savas attīstības vietas.



2.10.attēls. Jauna egļu astoņzobu mizgrauža vabole pametusi savu attīstības vietu zem egles mizas un iznākusi mizas virspusē. (Foto: A. Šmits)

Literatūrā nav atrodama informācija par alternatīvajiem pētījumiem par insekticīda Magtoksīns tb. efektivitāti zem mizas esošu organismu ierobežošanā. Veicot insekticīda NeemAzal-T/S injicēšanu augošām eglēm pret egļu astoņzobu mizgrauzi, panāca 90-62% kāpuru mirstību atkarībā no stumbra augstuma. Tomēr, ņemot vērā, ka neviens kāpurs nespēja sasniegt kūniņas stadiju, autori uzskatīja, ka tika sasniegta 100% šī preparāta efektivitāte (Fora, Lauer, 2007).



2.11.attēls. Paraugos novēroto skudrulīšu *Thanasimus* spp. kāpurs. (Foto: B. Ralle)



2.12.attēls. Paraugos novēroto skudrulīšu *Thanasimus* spp. pieaugusi vabole. (Foto: A. Šmits)

2.2. Pētījuma rezultātu izvērtējums un priekšlikumi

Konkrētajā pētījumā ar Magtoksīnu tb. tika sasniegta 100% mirstība gan iedarbojoties uz trīs minētajām mizgraužu sugām, gan arī uz citiem, zem egles mizas esošajiem posmkājiem.

Tomēr ir jāņem vērā fakts, ka šis pētījums tika veikts laboratorijas apstākļos: katrā 1 m³ lielā konteinerā ievietoja tikai trīs 0,8 m garus egles apaļkokus (skat. 2.1. Materiāls un metodes), kuri konteinerā atradās izklaidus un bija brīvi pieejami fosfīna gāzes iedarbībai. Praksē, apaļkokus eksportējot, katru konteineru blīvi piekrauj ar kokmateriāliem, tāpēc pastāv iespēja, ka Magtoksīna tb. efektivitāte samazinās.

Otrs nozīmīgs faktors ir pārvadāšanas konteineru hermētiskuma pakāpe. Šie konteineri, kā zināms, nav pilnībā hermētiski noslēgti, līdz ar to, iespējama fosfīna gāzes noplūde apkārtējā vidē. Tas samazina insekticīda efektivitāti konteineros, bet, kas ir vēl svarīgāk, šī gāze ir ļoti toksiska tuvumā (līdz 50 m) esošajiem cilvēkiem un citiem organismiem.

Lai būtu iespējams novērtēt insekticīda Magtoksīns tb. efektivitāti praksei pietuvinātos apstākļos, nepieciešams veikt pētījumu pilnīgi piekrautos konteineros, kas atbilst ražošanas apstākļiem.

Secinājumi

1. Insekticīds Magtoksīns tb. bija 100% efektīvs attiecībā uz egļu astonzobu mizgrauža *Ips typographus* kāpuriem, kūniņām un imago laboratorijas apstākļos.
2. Insekticīds Magtoksīns tb. 200 ppm koncentrācijā un 16°C temperatūrā laboratorijas apstākļos nodrošināja 100% visu zem egles mizas konstatēto posmkāju mirstību 10 dienas pēc apstrādes laboratorijas apstākļos. Tādejādi var secināt, ka, iespējams, arī citu gremzdgraužu, mizgraužu un koksngraužu sugu mirstība būs 100%.
3. Dabiskā posmkāju mirstība kontroles paraugos tika konstatēta 28,3% apmērā, jo mākslīgās *I. typographus* piesaistes dēļ koksnes paraugos bija liels īpatņu blīvums, kā arī apaļkoku nelielā izmēra dēļ strauji notika lūksnes žūšana. Šie apstākļi radīja nelabvēlīgus apstākļus mizgraužu attīstībai.
4. Egles apaļkoka diametrs tikai nelielā mērā ietekmēja vidējo posmkāju skaitu vienā paraugā. Egļu astonzobu mizgrauzis *Ips typographus* bija sastopams lielāka diametra apaļkokos, bet egļu sešzobu mizgrauzis *Pityogenes calchographus* - mazāka diametra apaļkokos.
5. Kontroles paraugos daļa posmkāju mēneša laikā pabeidza attīstības ciklu, pameta savas attīstības vietas zem egles apaļkokiem un, līdz ar to, vidējais skaits vienā paraugā laika gaitā samazinājās.

Pateicības

Izsakām pateicību par projekta izpildes laikā sniegto palīdzību Latvijas Valsts mežzinātnes institūta „Silava” un Latvijas Lauksaimniecības universitātes valsts zinātniskās izpētes mežu apsaimniekošanas aģentūras „Meža pētīšanas stacija” darbiniekiem Arnim Siliņam un Mārcim Lediņam cirsmu izvēlē, egles apaļkoku sagatavošanā un izvešanā.

Izmantotā literatūra

Adler, C., 2004. Integrated stored product protection methods to replace the use of methyl bromide for pest control in grains, dried fruits and nuts. In: Proceedings of International Conference of alternatives to methyl bromide. Eds. Batchelor T., Alfarroba F. Lisbon, Portugal, 27-30 September, 2004: 227-231.

Anderbrant, O., 2008. Gallery construction and oviposition of the bark beetle *Ips typographus* (Coleoptera: Scolytidae) at different breeding densities. *Ecological Entomolog* **15**: 1-8.

Anonīms 1995. LR Ministru kabineta 1995. gada 21. marta noteikumi Nr. 85 „Meža apsaimniekošanas un izmantošanas sanitārie noteikumi”. Noteikumi vairs nav spēkā.

Anonīms 2011. LR Ministru kabineta 2011. gada 13. decembra noteikumi Nr. 950 “Augu aizsardzības līdzekļu lietošanas noteikumi”. Aktuālā redakcija 01.02.2015.

Barak, A.V., Wang, Y., Zhan, G., Wu, Y., Xu, L., Huang, Q., 2006. Sulfuril fluoride as a quarantine treatment for *Anoplophora glabripennis* (Coleoptera: Cerambycidae) in regulated wood packing materials. *Journal of Economic Entomology* **99** (5): 1628-1635.

Bičevskis, M., Ozols, G., 1983. Egļu astoņzobu mizgrauža bioloģija un sintētiskā feromona lietošana. *Jaunākais Mežsaimniecībā* **25**: 48–56.

Chaundhry, M.Q., 2000. Phosphine resistance. *Pesticide Outlook* **11**: 88-91.

Christiansen, E., Bakke, A., 1988. The spruce bark beetle of Eurasia. Dynamics of forest insect populations (ed. by A. A. Berrymann), pp. 479-503. Plenum, New York.

Ehnström, B., 1976. Barkborreangrepp i massaveds vältor. Skogs- och virkesskydd. Sveriges Skogsvårdsförbund: 146-156.

Eidmann, H., 1992. Impact of bark beetles on forests and forestry in Sweden. *Journal of Applied Entomology* **114**: 193-200.

Emekci, M., 2010. Qou vadis the fumigants? Section: fumigation, modified atmospheres and hermetic storage. In: Proceedings of The 10th International Working Conference on Stored Product Protection. *Julius-Kuhn-Archiv* **425**: 303-313.

Ezers, V., Čūdere, R., Krupenko, L., Lestlande, A., Jakobija, I., Gudoviča, M., 2015. Latvijas Republikā reģistrēto augu aizsardzības līdzekļu saraksts 2015.gadam. Valsts augu aizsardzības dienests, Rīga: 330.

Fields, P.G., Neven, L.G., Johnson, J., 2004. Practical alternatives to methyl bromide for use as quarantine and preshipment treatments in North America. In: Proceedings of International Conference of alternatives to methyl bromide. Eds. Batchelor T., Alfarroba F.. Lisbon, Portugal, 27-30 September, 2004: 119-122.

Fora, C.G., Lauer, K.,F. 2007. The spruce protection against the pest *Ips typographus*

- L. (Coleoptera, Scolytidae) through stem injection with biologic insecticide NeemAzal - T/S. *Research Journal of Agricultural Science* 39: 425-430.
- Francke, W., 1977. 2-ethyl-1,6-dioxaspiro[4.4]nonane, principal aggregation pheromone of *Pityogenes chalcographus* (L.). *Naturwissenschaften* 64: 590-591.
- Hall, M.K.D., Najar-Rodriguez, A.J., Pranamornkith, T., Adlam, A.R., Hall, A.J., Brash, D.W., 2015. Influence of dose, bark cover and end-grain sealing on ethanedinitrile (C₂N₂) sorption by pine (*Pinus radiata* D. Don) logs. *New Zealand Plant Protection* 68: 13-18.
- Hochmut, R., 1977. The occurrence of the bark beetle *Pityogenes chalcographus* (L.) during the schematic tending treatments. *Lesnictvi* 23: 533-545.
- Hodges, R.J., 2009. Standart operating Procedure (SOP). Guidelines for the contracted fumigation of transport units with the gas phosphine. University of Greenwich, Natural Resources Institute: 13.
- Jakuš R., Blaženec, M. 2003. Influence of the proportion of (-) α -pinene in pheromone bait on *Ips typographus* (Col., Scolytidae) catch in pheromone trap barriers and in single traps. *Journal of Applied Entomology* 127: 91-95.
- Lange, H.L., 2004. Methyl bromide alternatives used in Northern and Central Europe for the disinfection of structures. In: *Proceedings of International Conference of alternatives to methyl bromide*. Eds. Batchelor T., Alfarroba, F. Lisbon, Portugal, 27-30 September, 2004: 205-209.
- Maas, C.J.H., 2004. Case study: the use of controlled atmosphere for pest control in lassic rice storage facilities (A SARE LEE company). In: *Proceedings of International Conference of alternatives to methyl bromide*. Eds. Batchelor T., Alfarroba F. Lisbon, Portugal, 27-30 September, 2004: 221-222.
- Mulock. P., Christiansen, E., 1986. The threshold of successful attacks by *Ips typographus* on *Picea abies*: a field experiment. *Forest Ecology and Management* 14: 125-132.
- Muthaiyan, M.C., 2009. *Principles and Practices of Plant Quarantine*. Allied Publishers Pvt. Ltd.: 1160.
- Najar-Rodriguez, A.J., Hall, M.K.D., Adlam, A.R., Hall, A.J., Burgess, S.B., Somerfield, K.G., Page, B.B.C., Brash, D.W., 2015. Developing new fumigation schedules for the phytosanitary treatment of New Zealand export logs: comparative toxicity of two fumigants to the burnt pine longhorn beetle, *Arhopalus ferus*. *New Zealand Plant Protection* 68: 19-25.
- Ozols, G., 1968. Egles stumbra kaitēkļi un to ekoloģiskās grupas Latvijas PSR. *Latvijas Entomologs* 21: 19-34.
- Ozols, G., 1985. Priedes un egles dendrofāģie kukaiņi Latvijas mežos. *Zinātne, Rīga*: 208

Page, B.B.C., Bendall, M.J., Carpenter, A., Van Epenhuijsen, C.W., 2002. Carbon dioxide fumigation of *Thrips tabaci* in export onions. *New Zealand Plant Protection* 55: 303-307.

Park, C.G., Son, J.-K., Lee, B.-H., Cho, J.H., Ren, Y., 2014. Comparison of ethanedinitrile and metam sodium for control of *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda: Aphelenchidae) and *Monochamus alternatus* (Coleoptera: Cerambycidae) in naturally infested logs at low temperatures. *Journal of Economic Entomology* 107 (6): 2055-2060.

Priedītis, A., 1981. Ķīmiskā augu aizsardzība. Rīga, Zvaigzne: 238.

Qinglin, H., Fenfen, K., Xuri, L., Yongsheng, L., 2008. Methyl bromide (MeBr) as a quarantine treatment for some insects in wood. *Proceedings of the 8th International Conference on Controlled Atmosphere and Fumigation in Stored Products*: 417-420.

Rajendran, S., Sriranjini, V., 2008. Plant products as fumigants for stored-product insect control. *Journal of Stored Products Research* 44: 126-135.

Reeve, I., 2014. Estimation of exposure to persons in California to phosphine due to use of aluminium phosphide, magnesium phosphide, and cylinderized phosphine gas. *California Environmental Protection Agency, Department of Pesticide Regulation, Sacramento, California*: 128.

Ren, Y.L., O'Brien, I.G., Whittle, C.P., 1994. Studies on the effect of carbon dioxide in insect treatment with phosphine. *CAB International, Wallingford, volume I*: 173-177.

Ren, Y.L., Lee, B., Padovan, B., 2011. Penetration of methyl bromide, sulfuryl fluoride, ethanedinitrile and phosphine timber blocks and the sorption rate of the fumigants. *Journal of Stored Products Research* 47: 63-68.

Schlyter, F., Löfqvist, J. & Byers, J.A. 1987. Behavioural sequence in attraction of the bark beetle *Ips typographus* to pheromone sources. *Physiological Entomology* 12: 185-196.

Seo, S.-M., Kim, J., Kang, J., Koh, S.-H., Ahn, Y.-J., Kang, K.-S., Park, I.-K., 2014. Fumigant toxicity and acetylcholinesterase inhibitory activity of 4 Asteraceae plant essential oils and their constituents against Japanese termite (*Reticulitermes speratus* Kolbe). *Pesticide Biochemistry and Physiology* 113: 55-61.

Stejskal, V., Douda, O., Zouhar, M., Manasova, M., Dlouhy, M., Simber, J., Aulicky, R., 2014. Wood penetration ability of hydrogen cyanide and its efficacy for fumigation of *Anoplophora glabripennis*, *Hylotrupes bajulus* (Coleoptera), and *Bursaphelenchus xylophilus* (Nematoda). *International Biodeterioration and Biodegradation* 86: 189-195.

Suthisut, D., Fields, P.G., Chandrapatya, A., 2011. Fumigant toxicity of essential oils from three Thai plants (Zingiberaceae) and their major compounds against *Sitophilus*

zeamais, *Tribolium castaneum* and two parasitoids. *Journal of Stored Products Research* 47: 222-230.

Taylor, R., 2000. Methyl bromide – is phase-out on schedule? *Pesticide Outlook* 11: 54-57.

Thalenhorst, W., 1958. Grundzüge der Populationsdynamik des grossen Fichtenborkenkäfers *Ips typographus* L. Schriftenreihe der Forstlichen Fakultät der Universität Göttingen 21: 126.

Tsai, W.-T., Mason, L.J., Chayaprasert, W., Maier, D.E., Iteleji, K.E., 2011. Investigation of fumigant efficacy in flour mills under real-world fumigation conditions. *Journal of Stored Products Research* 47: 179-184.

Wermelinger, B., 2004. Ecology and management of the spruce bark beetle *Ips typographus*- a review of recent research. *Forest Ecology and Management* 202: 67-82.

Winter, K., 1980. Date of thinning and attack by the six-toothed bark-beetle (*Pityogenes chalcographus* L.) in spruce stands of the Harz mountains. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz* 87: 523-532.

Wright, E. J., Ren, Y. L., and Dowsett H. A., 2002. Cyanogen: a new fumigant with potential for timber. *Proceedings of 2002 Annual International Research Conference on Methyl Bromide Alternatives and Emissions Reductions*, 6–8 November 2002, Orlando, FL.48: 1-2.

Zhang, Z., Van Epenhuijsen, C.W., Brash, D., Hosking, G.P., 2004. Phosphine as a fumigant to control *Hylastes ater* and *Arhopalus ferus*, pests of export logs. *New Zealand Plant Protection* 57: 257-259.

www.zm.gov.lv/mezi/statiskas-lapas/nozares-informacija/areja-tirdznieciba

PIELIKUMI

1.pielikums

Izmantotā posmkāju uzskaites veidlapa

	variants	Apstrādāts/Kontrole		
	apstrādes datums	03.07.2015		
	atvēršanas datums			
	uzskaites datums			
	eksponēto dienu skaits			
	uzskaites laukums	2x (10cm x 30cm)		
kods (konteīnera nr-baļķa nr)				
baļķa D				
uzskaites laukuma Nr.	taksons	stadija	dzīvi	nedzīvi
1	<i>Ips typographus</i>	kāpurs		
	<i>Ips typographus</i>	kūniņa		
	<i>Ips typographus</i>	vabole		
	<i>Pitiogens chalchographus</i>	kāpurs		
	<i>Pitiogens chalchographus</i>	kūniņa		
	<i>Pitiogens chalchographus</i>	vabole		
	<i>Hylurgops palliatus</i>	kāpurs		
	<i>Hylurgops palliatus</i>	kūniņa		
	<i>Hylurgops palliatus</i>	vabole		
	<i>Thanasimus</i> sp.	kāpurs		
	<i>Cerambycidae</i>	kāpurs		
	<i>Coleoptera</i>	kāpurs		
	<i>Diptera</i>	kāpurs		
	<i>Staphilinidae</i>	vabole		
	<i>Acari</i>			
2	<i>Ips typographus</i>	kāpurs		
	<i>Ips typographus</i>	kūniņa		
	<i>Ips typographus</i>	vabole		
	<i>Pitiogens chalchographus</i>	kāpurs		
	<i>Pitiogens chalchographus</i>	kūniņa		
	<i>Pitiogens chalchographus</i>	vabole		
	<i>Hylurgops palliatus</i>	kāpurs		
	<i>Hylurgops palliatus</i>	kūniņa		
	<i>Hylurgops palliatus</i>	vabole		
	<i>Thanasimus</i> sp.	kāpurs		
	<i>Cerambycidae</i>	kāpurs		
	<i>Coleoptera</i>	kāpurs		
	<i>Diptera</i>	kāpurs		
	<i>Staphilinidae</i>	vabole		
	<i>Acari</i>			